



Adubação Foliar da Cultura do Milho Utilizando Fertilizantes Multinutrientes

Antônio Marcos Coelho¹
Amélio C. Filho²

No Brasil, a adubação foliar com micronutrientes na cultura do milho tem-se intensificado nos últimos anos, tendo contribuído, para isso, os seguintes fatores: o desenvolvimento de híbridos com elevado potencial produtivo e com maior exigência nutricional; o uso de fórmulas de fertilizantes de alta concentração reduziu a oferta de micronutrientes como impurezas; o avanço da fronteira agrícola para os solos ácidos e pobres – inclusive em micronutrientes – dos Cerrados (com exceção do manganês); a correção de acidez com a elevação do pH do solo, diminuindo a disponibilidade (com exceção do molibdênio) dos micronutrientes zinco, boro, cobre, ferro e manganês, originalmente deficientes, podendo diminuir em até cem vezes a disponibilidade de manganês e zinco, além de reduzir a atividade do cobre e de ampliar os riscos de perdas de boro por lixiviação. Essas condições têm levado a um agravamento geral das deficiências de micronutrientes, tornando-se uma obrigatoriedade as análises de solo e

planta visando a um adequado diagnóstico das suas necessidades. Determinar as fontes, doses e épocas de aplicação mais adequadas, bem como verificar possíveis efeitos tóxicos às plantas, pela aplicação de produtos contendo micronutrientes, podem auxiliar sobremaneira no planejamento da adubação.

Com o objetivo de avaliar, para a cultura do milho, a eficiência agronômica da aplicação foliar de produtos comerciais multinutrientes, um experimento foi conduzido, na safra 2005/2006, na Fazenda Retiro da Barra, de propriedade de Roberto Mello Carvalho, município de Cássia, MG. O solo, classificado como Latossolo Vermelho, textura média (argila = 33 %), foi manejado no sistema de plantio direto e utilizado para produção de milho forrageiro. Resultados das análises químicas de solo, realizadas em amostras coletadas na profundidade de 0 a 20 cm na área experimental, indicaram valores de -pH (CaCl₂) = 4,98; Ca = 2,12 cmol_c/dm³; Mg = 0,70 cmol_c/dm³; K = 0,31 cmol_c/dm³;

¹ Engenheiro Agrônomo, Ph. D. em Solos e Nutrição de Plantas, Embrapa Milho e Sorgo, Cx. Postal 151, Sete Lagoas, MG, Email: amcoelho@cnpmc.embrapa.br

² Eng.- Agr.-Plant Ouro Agroquímica Ind. e Com. Ltda, Franca, SP.

P- resina = 44 mg/dm³; Sat. bases = 46 % e M.O = 23 g/dm³. Os teores de micronutrientes são apresentados na Tabela 1. O milho, híbrido simples P30S40, foi semeado em 23/11/2005, no espaçamento de 0,85 m e densidade de 63.530 plantas/ha (5,4 sementes/m). Na adubação de semeadura foram aplicados 340 kg/ha da fórmula 8-24-12 + 0,4 de N, P₂O₅, K₂O + Zn, respectivamente. Na adubação de cobertura, realizada no estágio V6-folhas, foram aplicados 390 kg/ha da fórmula 30-00-20 de N, P₂O₅, K₂O, respectivamente. Para aplicação dos tratamentos, foram demarcados, na lavoura, seis talhões com as dimensões de 23 m de comprimento por 4,25 m de largura. Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com seis tratamentos (Tabela 2) e quatro repetições. Foram utilizadas duas fontes de micronutrientes, Master® e Ziman®, produzidas pela Plant Ouro Agroquímica Ind. & Com. Ltda, aplicadas via foliar (Tabela 2).

Para a avaliação dos tratamentos, foram demarcadas em cada talhão, quatro parcelas de cinco linhas de

milho, com 5 m de comprimento. Foram consideradas como área útil, as três fileiras centrais com 3 m de comprimento (7,65 m²). Por ocasião do florescimento, foram coletadas amostras de folhas para avaliação do estado nutricional do milho. Na colheita, realizada com o milho no estágio de grão farináceo (R5), visando à produção de forragem, foram avaliados o estande, o número de espigas, e a massa verde de plantas e espigas. Visando ao cálculo do rendimento de massa seca, foram retiradas subamostras de plantas e espigas, para determinação da massa seca a 65 °C. Os dados foram analisados estatisticamente no programa computacional SAS, utilizando-se o procedimento GLM (SAS, 1999). Na comparação das médias, utilizou-se o teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

A recomendação para a aplicação de micronutrientes na cultura do milho pode ser preventiva ou corretiva. Para a aplicação preventiva, utilizam-se como critério os resultados da análise de solo. Para as condições desse experimento e, com base nos resultados das análises

Tabela 1. Indicadores da fertilidade do solo para micronutrientes, avaliadas em amostras coletadas na camada de 0 a 20 cm, nos talhões da área experimental.

Parâmetros ¹	Talhões - Tratamentos					
	01	02	03	04	05	06
Boro (mg/dm ³)	0,3	0,4	0,4	0,4	0,2	0,3
Cobre (mg/dm ³)	1,8	1,8	1,7	1,7	2,0	1,9
Ferro (mg/dm ³)	29	34	31	32	36	34
Manganês (mg/dm ³)	15,1	15,3	13,7	12,4	11,3	12,9
Zinco (mg/dm ³)	2,8	2,0	2,7	2,2	2,8	4,5

¹Análises realizadas pelo Laboratório da Cooperativa de Cafeicultores e Agropecuaristas - Franca, SP.

Métodos de extração: B - Mehlich1; Cu, Fe, Mn, Zn - DTPA-TEA.

Tabela 2. Relação dos tratamentos envolvendo a aplicação, no estágio V6-folhas de desenvolvimento vegetativo do milho, dos produtos contendo micronutrientes.

N.º	Produtos contendo micronutrientes	Doses	Modo e época de aplicação ³
01	Master ¹	1,0 kg/ha	Pulverização: milho 6 folhas
02	Master	1,5 kg/ha	Pulverização: milho 6 folhas
03	Master	2,0 kg/ha	Pulverização: milho 6 folhas
04	Master + Ziman ²	0,75 + 0,75 kg/ha	Pulverização: milho 6 folhas
05	Master + Ziman	1,0 + 1,0 kg/ha	Pulverização: milho 6 folhas
06	Controle	*****	Sem aplicação foliar

¹ Milho Master: Zn = 20 %, Mn = 3,0 %, B = 2,0 %, Fe = 1,0 %, Cu = 0,1 %, Mg = 1,0 %. ² Milho Ziman:

Zn = 30 %, Mn = 4,0 %. ³ Aplicação em pulverização diluindo os produtos em 300 l de água/ha.

de solo para os micronutrientes apresentados na Tabela 1 e, de acordo com os critérios de interpretação apresentados na Tabela 3, pode-se dizer que, entre os micronutrientes, a maior probabilidade de resposta do milho a adubação seria principalmente para o boro, cujos teores no solo (Tabela 1) são inferiores ao nível crítico de 0,6 mg/dm³ (Tabela 3). Os baixos teores de boro são devido, principalmente, aos baixos teores de matéria orgânica (M.O = 22,80 g/dm³) do solo (Tabela 1), considerada a principal fonte natural desse nutriente para as culturas. Para os demais micronutrientes (Zn, Mn, Cu, Fe), os teores no solo (Tabela 1) estão acima dos níveis críticos estabelecidos (Tabela 3), sendo pouco provável resposta do milho a adubação com esses elementos.

Análise foliar

Os resultados das análises foliares para os teores de micronutrientes, assim como a faixa de suficiência destes para o milho (Bull, 1993), são apresentados na Tabela 4. Verifica-se que, para o tratamento controle (trat.06), os teores de todos os nutrientes analisados, exceto os do boro, estão dentro ou acima da faixa de suficiência estabelecida, indicando um suprimento adequado de micronutrientes para o milho (Tabela 4).

Dentre os micronutrientes, o único que apresentou, no tratamento controle (Tabela 4), valores abaixo do nível de suficiência foi o boro, indicando uma provável deficiência desse nutriente. Análises de solo (Tabela 1) para esse micronutriente indicaram valores classificados como de baixo a médio, sendo, entretanto, inferiores ao nível crítico (0,60 mg/dm³) estabelecido (Tabela 3). A aplicação foliar do produto Master, nas doses de 1,0; 1,5 e 2,0 kg/ha (Tabela 4), isoladamente ou combinado com Ziman, elevou os teores de boro na folha para valores que estão dentro da faixa considerada suficiente (Tabela 4). É importante mencionar que o produto Master contém em sua formulação 2 % de boro (Tabela 2).

Componentes da produção

Os dados de alguns componentes da produção, número de plantas e espigas por hectare e índices de espigas, são apresentados na Tabela 5. Para o número de plantas, foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos. Isto pode ter ocorrido devido ao fato de que o experimento foi instalado em uma área de milho em que as plantas apresentavam-se no estágio V6-folhas de desenvolvimento vegetativo. Assim, nessa condição, é impossível se ter um controle adequado e

Tabela 3. Classes de interpretação da disponibilidade para os micronutrientes em análises de solos.

Micronutrientes ¹	Baixo	Médio	Alto
	----- mg/dm ³ -----		
Boro (B)	≤ 0,20	0,21 - 0,60 ¹	> 0,60
Cobre (Cu)	≤ 0,20	0,30 - 0,80	> 0,80
Ferro (Fe)	≤ 4,00	5,00 - 12,00	> 12,00
Manganês (Mn)	≤ 1,20	1,20 - 5,00	> 5,00
Zinco (Zn)	< 0,50	0,60 - 1,20	> 1,20

¹ Extratores: B = água quente; Cu, Fe, Mn e Zinco = DTPA-TEA. ²O limite superior dessa classe indica o nível crítico. Fonte: Rajj et al. (1996).

Tabela 4. Resultados das análises foliares para micronutrientes.

Nutrientes	Talhões - Tratamentos ¹						Faixa de suficiência ²
	01	02	03	04	05	06	
B (mg/kg)	15,66	15,88	18,07	21,68	21,52	11,66	15,00 - 20,00
Cu (mg/kg)	12,90	12,91	11,87	10,93	11,90	12,89	6,00 - 20,00
Fe (mg/kg)	100	98	97	91	93	104	50 - 250
Mn (mg/kg)	58	61	49	47	50	48	42 - 250
Zn (mg/kg)	27,78	27,80	26,72	26,83	29,75	33,72	15 - 50

¹ Ver Tabela 2. ²Bull (1993).

Tabela 5. Número de plantas e espigas e índices de espigas avaliados nos diferentes tratamentos.

Tratamentos (produtos)	Doses	Número de plantas (1.000/ha)	Número de espigas (1.000/ha)	Índice de espigas
1-Master	1,0 kg/ha	63,34a ¹	61,11a	0,92a
2-Master	1,5 kg/ha	60,45ab	55,88a	0,92a
3-Master	2,0 kg/ha	63,40ab	57,52a	0,90a
4-Master + Ziman	0,75 + 0,75 kg/ha	60,78ab	58,82a	0,97a
5-Master + Ziman	1,0 + 1,0 kg/ha	59,15b	57,84a	0,97a
6-Controle	*****	57,84b	56,54a	0,97a
Média		61,33	57,95	0,94a
CV (%)		4,54	8,08	5,42

¹Médias na mesma coluna, seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey 5 %.

uniforme do número de plantas dentro de cada tratamento (Tabela 5).

Apesar de ter ocorrido variação no número de plantas entre os tratamentos (Tabela 5), o que poderia afetar o efeito destes na produtividade, verifica-se que não houve diferenças significativas entre os tratamentos para o número e o índice de espigas (Tabela 5). Assim, pode-se inferir que, na avaliação do rendimento de espigas, as diferenças observadas são devido aos tratamentos aplicados.

Rendimento de massa verde

Independente de doses e combinação de produtos, a aplicação foliar do Master afetou significativamente a produção de massa verde de plantas, espigas e total (Tabela 6). As maiores produtividades de massa verde de plantas, espigas e total, foram obtidas com a aplicação foliar de Master na dose de 2,0 kg/ha. Com esse tratamento, a produtividade de massa verde total foi de 79,25 t/ha, que, comparada ao tratamento controle (67,25 t/ha), representa um aumento de 12 t/ha, ou seja, um ganho de 15 % na produção de

forragem (Tabela 6). Por outro lado, verifica-se, pela Tabela 6, que a aplicação foliar do produto Master teve um efeito mais significativo sobre o peso verde das espigas. A aplicação foliar de Master, na dose de 2,0 kg/ha, proporcionou, em relação ao tratamento controle, um aumento de 27 % no peso verde das espigas. Em se tratando de produção de milho para forragem, esse é um aspecto de grande importância na melhoria da qualidade da silagem.

Concentração de massa seca na forragem

Por afetar a qualidade da silagem, a concentração de massa seca das plantas e espigas, assim como a proporção de espigas na matéria seca total, são parâmetros importantes a serem considerados na produção de forragem de milho. A percentagem de matéria seca das plantas não foi significativamente afetada pela aplicação dos tratamentos (Tabela 7). Entretanto, a percentagem de matéria seca das espigas e a contribuição das espigas na matéria seca total foram significativamente afetadas pela aplicação foliar

Tabela 6. Rendimento de massa verde de plantas, espigas e total.

Tratamentos (produtos)	Doses	Massa verde plantas (t/ha)	Massa verde espiga (t/ha)	Massa verde total (t/ha)
1-Master	1,0 kg/ha	50,06ab ¹	23,68ab	73,73ab
2-Master	1,5 kg/ha	48,95ab	23,07ab	72,02ab
3-Master	2,0 kg/ha	54,74a	24,51a	79,25a
4-Master + Ziman	0,75 + 0,75 kg/ha	49,60ab	20,07bc	69,67ab
5-Master + Ziman	1,0 + 1,0 kg/ha	46,37b	20,19bc	66,57b
6-Controle	*****	49,28ab	17,97c	67,25b
Média		49,83	21,58	71,41
CV (%)		6,23	8,40	6,30

¹Médias na mesma coluna, seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey 5 %.

Tabela 7. Concentração de matéria seca nas plantas e espigas e contribuição das espigas na massa seca total.

Tratamentos (produtos)	Doses	Massa seca plantas (%)	Massa seca espigas (%)	Espiga na massa seca total (%)
1-Master	1,0 kg/ha	18,77a ¹	43,86a	52,52a
2-Master	1,5 kg/ha	19,48a	43,26ab	51,17a
3-Master	2,0 kg/ha	18,35a	39,98abc	49,36ab
4-Master + Ziman	0,75 + 0,75 kg/ha	21,33a	38,75bc	42,55b
5-Master + Ziman	1,0 + 1,0 kg/ha	20,55a	37,55c	44,41ab
6-Controle	*****	18,43a	35,97c	41,51b
Média		19,48	39,90	46,92
CV (%)		9,68	5,22	8,10

¹Médias na mesma coluna, seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey 5 %.

dos produtos contendo micronutrientes, sendo os tratamentos em que o produto Master foi aplicado nas doses de 1,0 e 1,5 kg/ha os que apresentaram os maiores valores para esses parâmetros (Tabela 7). Comparado ao tratamento controle, a aplicação de Master nas doses mencionadas, proporcionou um aumento médio de 18 % e 21 %, respectivamente, na percentagem de matéria seca das espigas e a proporção de espigas na matéria seca total.

Rendimento de massa seca

Os resultados de produção de massa seca das plantas, espigas e total, são apresentados na Tabela 8. A aplicação foliar dos produtos não afetou a produção de massa seca das plantas, tendo tido, entretanto, um efeito altamente significativo no peso seco de espigas e massa seca total. Independente da dose, a aplicação foliar do Master proporcionou, em relação ao tratamento controle, um aumento médio de 35 % e 21 %,

respectivamente, na produção de massa seca de espigas e massa seca total. Com relação ao efeito das doses do produto Master, essas apresentaram resultados similares para produção de massa seca de espigas e total (Tabela 8). O maior efeito do Master sobre o peso de massa seca das espigas do que sobre o peso de massa seca das plantas pode ser devido, principalmente, ao suprimento de boro contido nesse produto. Os resultados das análises de solo e foliar para esse nutriente também contribuem para sustentar essa afirmativa. Resultados semelhantes foram verificados por Vaughan (1977), em experimentos sobre o efeito do boro na partição de matéria seca do milho. Independente dos tratamentos aplicados, foi obtida uma produtividade média de 71 t/ha de massa verde e 18 t/ha de massa seca total, o que é considerada uma alta produtividade de milho. A aplicação foliar do produto Master proporcionou, em relação ao tratamento controle, um aumento médio de 21 % na produção de

Tabela 8. Rendimento de massa seca de plantas, espigas e total.

Tratamentos (produtos)	Doses	Massa seca plantas (t/ha)	Massa seca espigas (t/ha)	Massa seca total (t/ha)
1-Master	1,0 kg/ha	9,38a ¹	10,38a	19,75a
2-Master	1,5 kg/ha	9,52a	9,98a	19,50a
3-Master	2,0 kg/ha	10,08a	9,78a	19,84a
4-Master + Ziman	0,75 + 0,75 kg/ha	10,57a	7,80b	18,37ab
5-Master + Ziman	1,0 + 1,0 kg/ha	9,54a	7,58b	17,13ab
6-Controle	*****	9,05a	6,49b	15,54b
Média		9,68	8,67	18,36
CV (%)		10,67	9,79	7,39

¹Médias na mesma coluna, seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey 5 %.

massa seca total, sendo seu efeito mais acentuado sobre o peso de espigas, podendo-se atribuir esses resultados à presença do boro nesse produto. A pulverização do milho com doses de 1,0; 1,5 e 2,0 kg/ha do produto Master, diluído em 300 litros de água/ha, no estágio de V6-folhas, apresentou resultados similares na produção de forragem de milho.

Referências Bibliográficas

- BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. (Ed.). **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1993. p. 63-145.
- RAIJ. B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. G. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. 285 p. (IAC.Boletim 100).
- SAS Institute (Cary, NC). **SAS/STAT guide for personal computers**: version 8 edition. 8. ed. Cary, 1996.
- VAUGHAN, A. K. F. The relation between the concentration of boron in the reproductive e vegetative organs of maize plants and their development. **Rhodesian Journal of Agricultural Research**, Salisbury, v. 15, p. 163-170, 1977.

Comunicado Técnico, 135



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Milho e Sorgo
Endereço: Rod. MG 424 Km 45 Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3779 1000
Fax: (31) 3779 1088
E-mail: sac@cnpms.embrapa.br

1ª edição
1ª impressão (2006): 200 exemplares

Comitê de publicações

Presidente: Antônio Álvaro Corsetti Purcino
Secretária-Executiva: Cláudia Teixeira Guimarães
Membros: Camilo de Lélis Teixeira de Andrade, Carlos Roberto Casela, Flávia França Teixeira, José Hamilton Ramalho, Jurandir Vieira Magalhães

Expediente

Revisão de texto: Dilermando Lúcio de Oliveira
Editoração eletrônica: Dilermando Lúcio de Oliveira